

光学式雨量計の降雪強度比較

小西啓之¹, 平沢尚彦², 石坂雅昭³

¹大阪教育大

²極地研

³防災科研長岡

Comparison of snowfall Intensity by using some optical rain gauges

Hiroyuki Konishi¹, Naohiko Hirasawa² and Masaaki Ishizaka³

¹Osaka Kyoiku Univ.

²NIPR

³NIED

To obtain the snowfall intensity precisely, a new method was proposed to calculate the snowfall intensity by using the data of the particle diameter and fall speed of precipitating particles measured by the optical disdrometer. The calculated snowfall intensity was good agreement with the intensity measured directly by electric balance. For thinner precipitation, the optical drifting snow particle counter was also used.

1. はじめに

近年、降雪中の光の透過量や後方散乱量から降水量を推定する間接的な光学式方法が増加している。この方法は、古典的な直接雪を受けて測定する方法（降雪粒子を受雪部で加熱し融解水量として測定する方法や、受雪した雪の質量変化を電子天秤で測定し降雪量に換算する方法）に比べ、雪の融解時の蒸発や再凍結の問題がなく、また、動作部分がないので安定した観測ができる利点がある。しかし、球状の降雨粒子に比べ降雪粒子は形状が複雑で、また密度も一定でないため、光学式のような間接的な測定からでは正確な降水量を求めにくいという弱点がある。

本研究は、これらの直接的あるいは間接的な降水量計を用いて降雪の比較同時観測を行い、それぞれの測器の特性を明らかにすること、その上で低温強風が常であり降水強度も日本に比べ小さい極域では、どのような測器をどのように使えばより正確な降水量が推定できるかという降雪量計に関する基礎資料を得ること、を目的に行った。

2. 観測

2009年1月から3月および2009年12月から2010年3月の2冬間、新潟県長岡市の雪氷防災研究センターの降雪粒子観測施設に、降雪量計や降雪粒子観測器を8種設置し、相互比較を行った。その内訳は、降雪を直接測定する方式が田村式降雪強度計、天秤式降雪量計の2種、間接的に測定する光学式雨量計が天気計(Vaisala社PWD12)、disdrometer (Senecom社SE-LP5411)、光学式粒径測定器(自作、センサーはkeyence社LX2)、地吹雪計(新潟電機SPC-S7)、シーロメーター(Vaisala社CT25K)、POSS(precipitation occurrence sensor system、英弘精機社)の6種である。これらの測器は、高さ5mの防風ネットで囲まれた露場に設置した。

また適宜、降雪粒子の地上での接写や降雪のコマ取り撮影を行い、粒子の形状を記録した。

3. 結果

3.1 降雪強度が大きい場合

田村式降雪量計と天秤式降雪量計の5分間降雪強度を比較したところ、相関係数は0.99となり、長岡のような暖地降雪（今回の降雪時の地上気温は-6℃以上）の場合は、防風柵やネットを使って、捕捉率の条件が良ければ、田村式降水量計でほぼ真値が求まることがわかった。天秤式は降雪を直接受けて重量を測定するので捕捉率さえ良ければ真値が求まるが、降雪が続いた場合、風袋上に雪が溢れ、測定できない欠点があるので、ここでは、田村式降水量計を真値として他の測器と比較した。

間接的な各降雪量計（disdrometer、POSS、天気計）で測定した5分間降雪強度を田村式降雪量計のそれと比較し地上気温が-1～0℃の降雪の場合についてそれぞれ相関係数を求めたところ、0.86, 0.61, 0.42となり、disdrometerで求めた降雪強度が最も信頼性が高いことがわかった。しかし、地上気温が5℃以上の降雨の場合に、disdrometerと田村式降雪量計の相関係数が0.96になるのに比べると降雪の場合の相関係数は低く、disdrometerによる降雪量の推定は完全ではないことがわかった。Disdrometerが表示する降水強度は、測定した降水粒子の粒径と落下速度の値を用いて求めていると考えられるが、どのような方法で求めているかはユーザーに明らかにされていない。そこで、その方法を推定するため、各粒子が球形であると仮定し粒径分布から粒子の総体積を求め降水強度と比較すると、雨の場合は比重1(密度1g/cm³)と仮定して求めていることが確認されたが、雪の場合は気温によって密度を変え、ある仮定の元に降水量を求めていることが示唆された。すなわち、降雪粒子の密度は、粒径

(D)と温度(T)の関数であるとして、D,T に対する (D,T)を与えて降雪強度を求めていると考えられる。

一方、より正確な降雪強度を推定するためには、密度をD,Tの関数ではなく粒径(D)と落下速度(v)の関数(D,v)として与えて降雪強度を求める方が、より真値に近くなるのではないかと思い試してみた。雪片、あられ、雨滴の粒径と落下速度や質量の関係については、これまで多くの研究が行われているので、これらの関係式を使い、各粒径と落下速度に対する各粒子の質量を求め、経験式で示されない粒径と落下速度の粒子に対しては、これらの関係式を補間して求めた。図1は、このような方法で求めた粒子の密度を使って地上気温が-2~-1 の場合の降雪強度の相関の変化である。その結果、(D,T)を使った場合は相関は0.68であったのに対し、(D,v)で与えた今回の方法では相関係数は0.92に改善されたことがわかった。-2~-1 の場合だけでなく、他の温度の相関係数や両者の比を比較したのが図2である。いずれの温度でも(D,v)として各粒子の密度を粒径と落下速度から推定する方法が、相関係数が1に近いことから、この方法が降水量推定に適していることがわかった。

3.2 降雪強度が小さい場合

一般に南極等の極域では、日本などの降雪強度に比べはるかに小さいためにその変動を調べるためには、より小さい氷晶サイズの粒子の空間濃度の変動を測定できる測器を使用する必要がある。ここでは、その可能性を調べるため、500 μm 以下の小さい粒子を測定できる光学式の地吹雪計を用いて降雪量の変動を調べた。図3は、2010年2月20日の天秤式と地吹雪計から推定した降水強度およびシーロメーターの最下層(地上付近)の3時間の変動である。天秤式と地吹雪計の変動傾向は似通っており、小さなサンプリングボリュームで粒子カウンターとして使われる地吹雪計からも降雪量を推定できそうなことがわかる。一方、鉛直上方へ射出した近赤外光の後方散乱量を測定するシーロメーターの変化傾向も降雪強度のそれと似たところがあった。両者はサンプリングボリュームが大きく異なるので変化も異なる場合もあるが、条件によっては似た傾向を示すことがわかった。

4. まとめ

粒径と落下速度を測定できる disdrometer を使って、降水強度を推定した。降水粒子の粒径と落下速度から粒子の密度を推定し降水強度に換算する方法が、降水量推定する上で誤差が小さいことがわかった。また、氷晶などの小さい降雪粒子による降水は、地吹雪計を用いてその降水量推定ができそうなこと、場合によっては、シーロメーターも利用できそうなことがわかった。

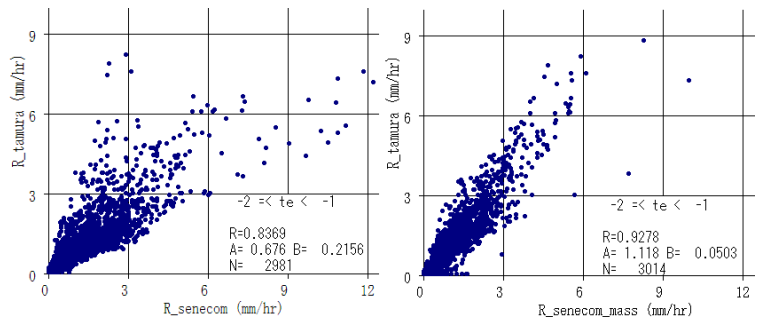


図 1.Disdrometer と田村式降雪量計で求めた降雪強度の比較。左図：Disdrometer で測定した値(補正前)。右図：Disdrometer で測定した粒径と落下速度から粒子の密度を推定し、降雪強度に換算した値(補正後)。

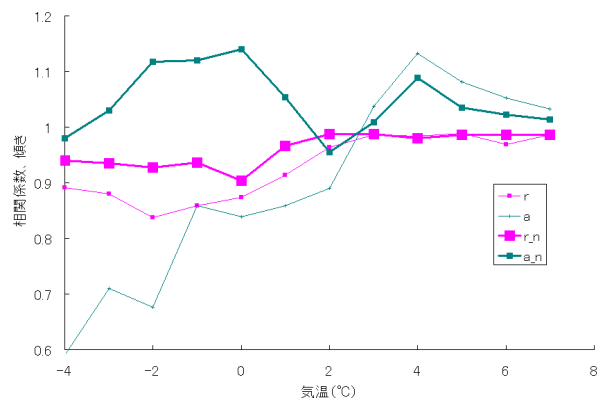


図 2. 補正前(細線)と補正後(太線)の相関係数(ピンク)と傾き(緑)の値の温度依存性。

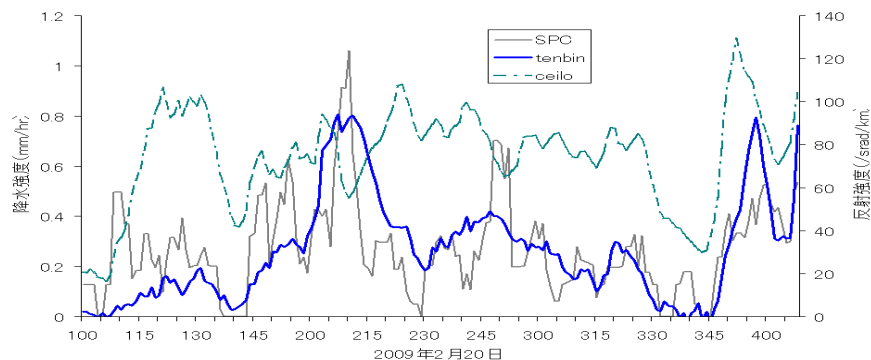


図 3. 天秤式(青実線)と地吹雪計(灰実線)から推定した降水強度およびシーロメーターの最下層(地上付近)の値(緑破線)の時間変化